HAL open science

Effets d'une surcharge en aluminium sur les bilans minéraux (Ca, P et Mg) chez l'agneau

Francois F. Meschy, S. Duval

To cite this version:

Francois F. Meschy, S. Duval. Effets d'une surcharge en aluminium sur les bilans minéraux (Ca, P et Mg) chez l'agneau. Productions Animales, 1988, 1 (5), pp.339-343. hal-02725581

HAL Id: hal-02725581

https://hal.inrae.fr/hal-02725581v1

Submitted on 2 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

INRA Prod. Anim.,
1988, 1 (5), 339-343

*F. MESCHY et Sophie DUVAL**
avec la collaboration de Pierrette CAMUS

INRA
Station de Recherches de Nutrition
78350 Jouy-en-Josas

**Stagiaire du CEZ 78120 Rambouillet*

Effets d'une surcharge en aluminium sur les bilans minéraux (Ca, P et Mg) chez l'agneau

Les pulpes de betteraves constituent un abondant sous-produit de l'industrie sucrière : deux millions de tonnes de matière sèche par an sont utilisées en alimentation animale. Le sulfate d'aluminium est parfois employé comme adjuvant de surpressage de ces pulpes. En 1985 et 1986, des troubles sanitaires ont été observés dans des élevages où les pulpes de betteraves constituaient une part importante de la ration de base. Ces troubles ont été mis en relation avec des teneurs en aluminium des pulpes parfois très élevées.

Résumé

Dans certains cas, l'excès d'aluminium est évoqué pour expliquer des troubles sanitaires observés sur des animaux recevant des rations riches en pulpes de betteraves, le sulfate d'aluminium étant parfois utilisé comme adjuvant de surpressage.

L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets d'une surcharge aluminique sur les bilans minéraux (P, Ca et Mg) d'agneaux en croissance.

Les animaux ont reçu des régimes contenant 70 % de pulpes de betteraves enrichies ou non en aluminium. L'absorption du phosphore diminue fortement (de 33 à 62 %) avec l'incorporation d'aluminium, mais il convient de souligner que c'est la fraction soluble d'aluminium qui est responsable de cet effet ; le seul dosage de l'aluminium total ne permet donc pas d'évaluer le risque d'interaction Al/P avec une précision suffisante, et l'éleveur devrait être informé de la teneur moyenne en aluminium soluble des pulpes qu'il utilise. Nous ne retenons pas le seuil de toxicité de 1000 ppm d'aluminium soluble du NRC américain puisque dans nos essais nous observons une diminution marquée de l'absorption du phosphore à des teneurs beaucoup plus faibles (242 ppm).

Les effets de la surcharge en aluminium sur l'utilisation par l'animal du calcium et du magnésium sont plus difficiles à interpréter, mais l'éventualité d'une interaction Al/Mg, observée dans un des essais, n'est pas à exclure et mériterait d'être précisée.

Ces résultats confirment que le sulfate d'alumine, utilisé à forte dose comme adjuvant de surpressage des pulpes de betteraves, est susceptible d'induire une carence en phosphore.

Il n'est pas établi avec certitude que l'aluminium soit indispensable à la vie animale (NRC 1980) ; si cela était, les aliments usuels en contiennent suffisamment pour éloigner tout risque de carence.

L'aluminium ingéré par les animaux peut avoir plusieurs origines :
- l'aluminium constitutif des plantes : 100 à 200 ppm dans les fourrages (Adams 1975), 10 à 50 ppm dans les graines de céréales et 400 ppm environ dans les pulpes de betteraves (Scharrer et Judel 1959) ;
- la contamination par de la terre peut être importante notamment au pâturage : la teneur en Al peut alors dépasser 10 000 ppm de la matière sèche (Allen et Robinson 1980) ;
- certains phosphates alimentaires riches en aluminium (4 à 19 %) sont parfois encore utilisés, bien que leur très faible valeur nutritionnelle ait été démontrée (Gueguen 1961) ;
- l'aluminium peut être incorporé aux aliments des animaux au cours de traitements technologiques ; c'est notamment le cas de sulfate d'aluminium utilisé seul ou en mélange avec du sulfate de calcium comme adjuvant de surpressage des pulpes de betteraves.

Un apport excessif peut donc être à craindre dans certaines situations ; mais les conséquences sur la santé des animaux varient selon la forme de l'aluminium ingéré.

L'aluminium provenant de la contamination par de la terre ou de l'incorporation de certaines argiles aux aliments est essentiellement sous forme de silicates qui ne sont pratiquement pas solubilisés lors des processus digestifs et ne présentent pas de toxicité particulière. Il en est de même pour les phosphates aluminiques dont le phosphore et l'aluminium sont très peu solubles.

Par contre, l'aluminium utilisé comme adjuvant de surpressage des pulpes de betteraves est incorporé sous une forme soluble (sulfate). L'ion aluminium se combine aux pectines du végétal

pour former des pectinates d'Al qui permettent d'améliorer l'efficacité du surpressage en renforçant la rigidité des pulpes ; lors de la digestion des pectines dans le rumen, l'aluminium est libéré sous une forme réactive.

Les travaux effectués avec des sources d'aluminium soluble montrent que le principal symptôme de toxicité correspond à une carence induite en phosphore (Demarquilly *et al* 1978, Valdivia *et al* 1982, Allen 1984). L'aluminium disponible forme avec les phosphates de la ration et de la salive des phosphates d'aluminium insolubles : une partie du phosphore alimentaire est ainsi rendu inabsorbable. D'autres études envisagent un effet de l'excès d'aluminium sur le métabolisme du magnésium. Il ne semble pas que l'absorption de Mg soit modifiée (Valdivia *et al* 1982, Allen et Fontenot 1984, Allen *et al* 1984) ; toutefois certaines observations montrent une diminution des teneurs de Mg tissulaires et plasmatiques (Valdivia *et al* 1982, Rosa *et al* 1982, Allen *et al* 1984).

Deux essais ont été mis en place dans le but de préciser les effets d'une surcharge en aluminium sur les bilans minéraux d'agneaux en croissance.

1 / Conditions expérimentales

Les deux essais se sont déroulés selon le protocole habituel pour ce genre d'expérience : les animaux ont été adaptés aux régimes expérimentaux pendant une période d'un mois environ avant d'être maintenus dans des cages à bilans permettant de mesurer avec précision les quantités d'aliment offertes et refusées ainsi que de récolter séparément les fèces et l'urine.

La période de mesures proprement dite s'est déroulée en deux séquences de cinq jours consécutifs. Des échantillons individuels de fèces, d'urine et éventuellement d'aliment refusé ont été prélevés chaque jour puis cumulés par animal et par séquence.

L'essai 1 a comparé des pulpes obtenues avec incorporation de sulfate de calcium (régime « Ca ») ou de sulfate d'aluminium (régime « Al ») alors que pour l'essai 2 les pulpes étaient obtenues sans adjuvant (régime « sans Al »), avec du sulfate d'aluminium incorporé au moment du surpressage (régime « Al surpressage ») ou à la granulation de l'aliment complet (régime « Al granulation »).

La composition de chacun des régimes expérimentaux était la suivante : 70 % de pulpes de betterave, 19 % de tourteau de soja 48, 10 % de paille de blé broyée et 1 % de complément minéral et vitaminique ; l'objectif de croissance était de 200 g/jour sur la base d'une consommation de 1000 g d'aliment brut par jour.

Les animaux étaient des agneaux mâles castrés de race Ile de France d'un poids moyen de 30 kg en début d'expérience ; 2 lots de 4 ont été utilisés pour l'essai 1 et 3 lots de 3 pour l'essai 2.

Les dosages d'aluminium ont été réalisés par des laboratoires extérieurs ; la détermination de la fraction soluble d'aluminium des régimes de l'essai 2 a été effectuée par le Laboratoire Municipal de Bordeaux.

2 / Résultats

La composition minérale des régimes expérimentaux figure au tableau 1. Lors de l'essai 2, les pulpes incorporées dans les régimes « sans Al » et « Al granulation » étaient particulièrement riches en calcium et en aluminium non soluble, ce qui peut avoir pour origine une importante contamination par de la terre (région calcaire et année humide).

Les mesures de digestibilité de la matière organique ne sont pas rapportées ici ; nous n'avons constaté aucune différence significative entre les régimes, et les valeurs observées, de l'ordre de 75 %, sont classiques pour ce genre de ration.

Les bilans minéraux sont rapportés aux tableaux 2 (essai 1) et 3 (essai 2).

La rétention du phosphore diminue significativement ($p<0,01$) pour les animaux recevant des régimes enrichis en aluminium, ce qui est principalement dû à l'augmentation ($p<0,01$) du phosphore fécal.

Les résultats des bilans de calcium ne présentent pas de différence pour l'essai 1 ; dans l'essai 2, l'apport de Ca élevé pour les régimes « sans Al » et « Al granulation » entraine une rétention plus forte ($p<0,01$) ; toutefois, la comparaison du régime « Al surpressage » de l'essai 2 aux résultats de l'essai 1, où les quantités ingérées sont similaires ne montre pas de différence significative de rétention.

Dans l'essai 1, la rétention du magnésium est plus faible pour le régime « Al » ($p<0,01$) ; ce résultat est principalement imputable à une augmentation significative ($p<0,01$) de l'excrétion urinaire puisque l'absorption apparente n'est pas

Tableau 1. *Composition minérale des régimes expérimentaux.*

	ESSAI 1		ESSAI 2		
Régime	**Ca**	**Al**	**sans Al**	**Al surpressage**	**Al granulation**
P*	4,0	4,0	3,3	2,9	2,8
Ca*	12,4	12,0	31,5	6,2	32,3
Mg*	1,5	1,7	1,9	1,7	1,8
Al**	550	850	1400	727	2475
Al soluble**	ND	ND	122	242	815

* g par kg de MS ** mg par kg de MS

modifiée ; par contre aucune différence significative n'est observée pour le bilan de Mg dans l'essai 2.

3 / Discussion

3.1 / Phosphore

Ces essais montrent, en accord avec les données de la bibliographie, que la surcharge en aluminium entraine une chute importante de la rétention de phosphore (figure 1) dont l'origine est essentiellement liée à l'absorption apparente : diminution du cœfficient d'absorption apparente (CAa) de 33 % pour l'essai 1 et de 41 à 62 % pour l'essai 2.

En revanche, la teneur élevée de Al total, sans ajout de Al soluble du régime « sans Al » de l'essai 2 (1400 ppm) n'a pas d'effet sur la rétention de P.

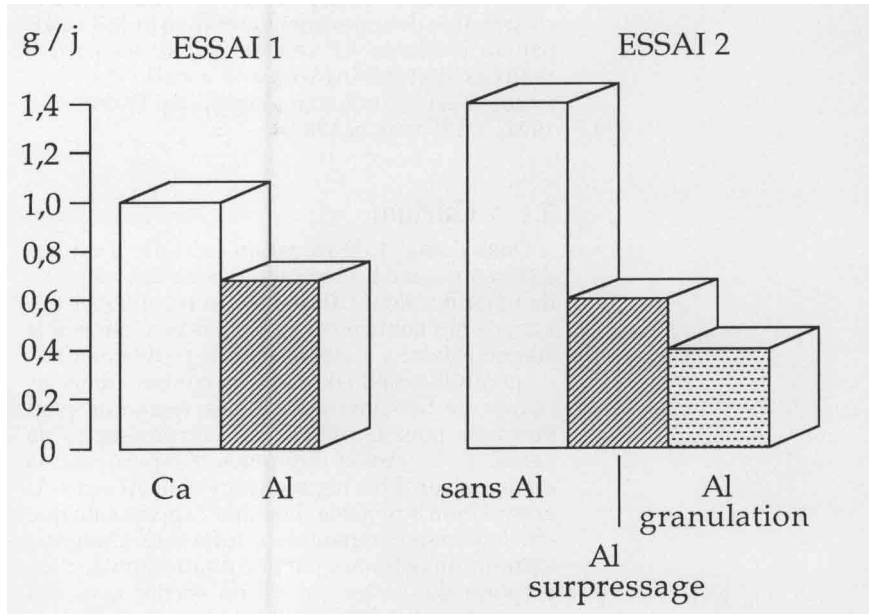
Chez le ruminant, le seuil de toxicité de 1000 ppm d'aluminium soluble dans l'aliment sec retenu aux USA (NRC 1980) tient compte de cet aspect ; toutefois, dans nos essais l'interférence avec le phosphore intervient à des teneurs beaucoup plus faibles puisque nous notons des effets significatifs avec une augmentation de seulement 120 ppm de Al soluble (régimes « sans Al » et « Al surpressage » essai 2).

Il est probable que l'aluminium disponible, quelle qu'en soit la quantité, complexe les phosphates circulant dans le tube digestif ; s'il ne s'agit pas d'intoxication proprement dite, le risque de carence induite en P est réel.

Le seuil de 1000 ppm de Al soluble du NRC parait, dans ces conditions, trop élevé. Dans les pulpes de betteraves, l'aluminium réactif provient essentiellement de l'incorporation d'adjuvant de surpressage ; dans ce cas, il convient de ne prendre en compte que la fraction soluble de Al, mais de considérer que la totalité de Al soluble est susceptible de complexer le phosphore.

Du point de vue pratique, il est possible d'envisager l'augmentation de l'apport de P afin de « saturer » l'aluminium réactif présent dans le tube digestif ; on peut estimer ce supplément à 1,5 g de P par g de Al soluble ingéré. Cette pratique suppose que l'éleveur puisse disposer d'une information fiable, sans devoir recourir à des ana-

Figure 1. *Rétention du phosphore.*



Un excès d'aluminium soluble dans la ration conduit à une plus faible rétention du phosphore, pouvant induire une carence en cet élément.

Tableau 2. *Bilans minéraux essai 1 (g/jour).*

	PHOSPHORE		CALCIUM		MAGNESIUM	
Régimes	**Ca**	**Al**	**Ca**	**Al**	**Ca**	**Al**
Ingéré	3,9	3,9	12,3	12,0	1,5	1,7
Fécal	2,7	3,1	11,2	10,7	0,8	0,9
Urinaire	0,2	0,1	0,1	0,1	0,4	0,8
Retenu	1,0	0,7	1,0	1,2	0,3	0
CAa %	30,8	20,5	8,9	10,8	46,7	47,1

CA_a = cœfficient d'absorption apparente.

Tableau 3. *Bilans minéraux essai 2 (g/jour).*

	PHOSPHORE			CALCIUM			MAGNESIUM		
Régimes	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**
Ingéré	4,0	3,6	3,5	39,8	8,1	41,4	2,4	2,1	2,4
Fécal	2,5	2,8	3,0	33,0	7,1	37,8	1,2	1,0	1,3
Urinaire	0,1	0,2	0,1	0,2	0	0,6	0,7	0,8	0,6
Retenu	1,4	0,6	0,4	6,6	1,0	3,0	0,5	0,3	0,5
CAa %	37,5	22,2	14,3	17,1	12,3	8,7	50,0	52,4	45,8

A : Sans aluminium ajouté B : Aluminium ajouté au surpressage C : Aluminium ajouté à la granulation
CA_a : cœfficient d'absorption apparente.

lyses systématiques, et elle représente un coût non négligeable. Des études ont montré que si il est possible de supprimer la carence induite en P par un excès de Al de cette façon, les performances restent inférieures à celle des lots témoins sans surcharge aluminique (Rosa *et al* 1982, Valdivia *et al* 1982).

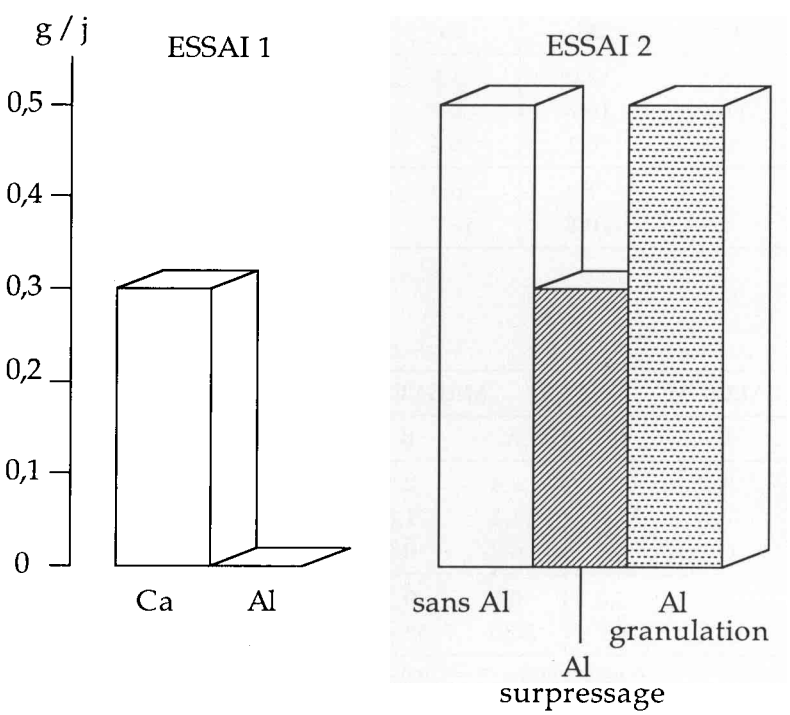
3.2 / Calcium

Dans l'essai 1, la rétention calcique n'est pas différente selon les régimes, il convient toutefois de noter la valeur très faible des résultats observés ; ce qui confirme d'autres essais réalisés à la station (Meschy 1988) et pose le problème de la disponibilité réelle du calcium contenu dans les pulpes de betteraves. La même remarque peut être faite pour le régime « Al surpressage » de l'essai 2 ; la grande différence d'apport rend la comparaison de ce régime avec « sans Al » et « Al granulation » délicate. Lorsque l'apport calcique est élevé mais comparable, une forte surcharge en aluminium se traduit par une diminution de l'absorption de Ca, ce qui est en accord avec des essais de solubilité *in vitro* (Allen et Robinson 1980) et par une augmentation de l'excrétion urinaire de Ca déjà observée (Allen et Fontenot 1984).

Dans ces conditions particulières d'apport pléthorique de calcium, une interférence avec une forte dose d'aluminium est possible, mais nous nous éloignons ici des conditions alimentaires usuelles, et dans des situations plus normales (essai 1), nous n'observons pas d'interaction Ca/Al.

L'effet d'un excès d'aluminium sur la rétention du magnésium est variable et dépendrait de la teneur en calcium de la ration.

Figure 2. *Rétention du magnésium.*



3.3 / Magnésium

La surcharge en aluminium produit des effets variables sur la rétention du magnésium selon l'essai considéré (figure 2) ; toutefois, dans les deux essais, l'absorption apparente n'est pas modifiée, ce qui concorde avec les principaux résultats de la bibliographie. Les différences observées entre les essais proviennent donc de l'importance de l'excrétion urinaire. Dans l'essai 1, celle du régime « Al » est multipliée par deux, alors que dans l'essai 2 nous n'observons pas de différence ; il convient toutefois de noter que l'excrétion urinaire pour tous les régimes de l'essai 2 est élevée et comparable à celle du régime « Al » de l'essai 1. Cela pourrait signifier une interférence Ca/Mg chez les animaux ayant reçu les régimes « sans Al » et « Al granulation », riches en calcium, qui masquerait l'effet aluminium qui ne se retrouverait que pour le régime « Al surpressage ».

Pour le magnésium, il est donc difficile de conclure ; les données bibliographiques concordent d'ailleurs assez peu sur ce sujet. Seule une expérimentation avec des pulpes traitées avec différentes doses de sulfate d'alumine et modérément riches en calcium permettrait d'éclaircir ce point, important du point de vue pratique puisque une relation avec le risque de tétanie n'est pas à exclure.

Conclusion

L'aluminium utilisé comme adjuvant de surpressage des pulpes de betteraves a un effet négatif marqué sur l'absorption du phosphore de la ration, pouvant induire une carence en cet élément.

Seule la fraction soluble de l'aluminium est responsable de cet effet ; il est donc indispensable que l'éleveur soit informé avec précision de cette caractéristique des pulpes par son fournisseur pour envisager un éventuel apport supplémentaire de phosphore à ses animaux. En tout état de cause, il serait préférable de supprimer l'interférence en abandonnant l'utilisation de sulfate d'alumine ou en étant extrêmement prudent dans son incorporation, ce qui a déjà été préconisé il y a une dizaine d'années (Demarquilly *et al* 1978).

Contrairement au NRC, nous ne proposons pas de seuil de toxicité pour l'aluminium puisque tout l'aluminium soluble est susceptible de former avec les phosphates un complexe insoluble.

Cette étude ne permet pas de conclure à propos de l'action de l'aluminium sur l'utilisation du magnésium par l'animal ; toutefois, un effet négatif n'est pas à exclure.

Ces essais confirment la faible digestibilité apparente du calcium des pulpes de betteraves ; nous envisageons d'étudier dans un avenir proche cet important problème.

Remerciements

Les auteurs tiennent à exprimer leur gratitude aux organismes qui leur ont fourni les pulpes de betteraves utilisées dans cette étude :
- Réseau National d'Expérimentation et de Développement (RNED Sous-produits),
- Union Nationale des Coopératives Agricoles de Transformation de la Betterave (UCB).

Références bibliographiques

ADAMS R.S., 1975. Variability in mineral and trace element content of dairy cattle feeds. J. Dairy Sci., 58, 1538-1548.

ALLEN V.G., 1984. Influence of dietary aluminum on nutrient utilization in ruminants. J. Anim. Sci., 59, 836-844.

ALLEN V.G., FONTENOT J.P., 1984. Influence of aluminum as sulfate chloride and citrate on magnesium and calcium metabolism in sheep. J. Anim. Sci., 59, 798-804.

ALLEN V.G., ROBINSON D.L., 1980. Occurrence of Al and Mn in grass tetany cases and their effects on the solubility of Ca and Mg in vitro. Agron. J., 72, 957-960.

ALLEN V.G., ROBINSON D.L., HEMBRY F.G., 1984. Effects of ingested aluminum sulfate on serum magnesium and the possible relationship to hypomagnesemic tetany. Nut. Rep. Int., 29, 107-115.

DEMARQUILLY C., GRENET E., LAMAND M., BARLET J.P., LE DU J., 1978. Qualité de conservation et valeur alimentaire des ensilages de pulpes. Bull. Techn. CRVZ Theix, 32, 5-12.

GUEGUEN L., 1961. Valeur comparée des phosphates minéraux comme sources de phosphore pour les animaux. Ann. Zootech., 10, 177-196.

MESCHY F., 1988. Pulp effects obtained by the alkaline extraction process of beet sugar on minerals measured on growing lambs. British Sugar Technical Conference paper 3.5 Eastbourne 20 23 june 1988.

NRC (National Research Council) 1980 Mineral tolerance of domestic animals. National Academy Press. Washington D.C.

ROSA I.V., HENRY P.R., AMMERMAN C.B., 1982. Interrelationship of dietary phosphorus, aluminum and iron on performance and tissue mineral composition in lambs. J. Anim. Sci., 55, 1231-1240.

SCHARRER (VON) K., JUDEL G.K., 1959. Uber den Mineralstoffgehalt der Futtermittel. Z. Tierphysiol. Tierernaehr. Futtermittelkd, 14, 34-42.

VALDIVIA R., AMMERMAN C.D., HENRY P.R., FEASTER J.P., WILCOM C.J., 1982. Effect of dietary aluminum and phosphorus on performance, phosphorus utilization and mineral composition in sheep. J. Anim. Sci., 55, 402-410.